ВАСИОНА

ЧАСОПИС ЗА АСТРОНОМИЈУ

АСТРОНОМСКО ДРУШТВО "РУЂЕР БОШКОВИЋ"
БЕОГРАД • УДК 52 (05) • YU ISSN 0506 4295

ФИЗИЧКИ УСЛОВИ У УНУТРАШЊОСТИ ЗВЕЗДА



ШТА СУ АСТРОНОМИ ОТКРИЛИ У ДРУГИМ НАУКАМА



ОБРАДА ФОТОГРАФСКИХ МАТЕРИЈАЛА



НОВЕ КЊИГЕ



ВЕСТИ ИЗ ЈУГОСЛАВИЈЕ

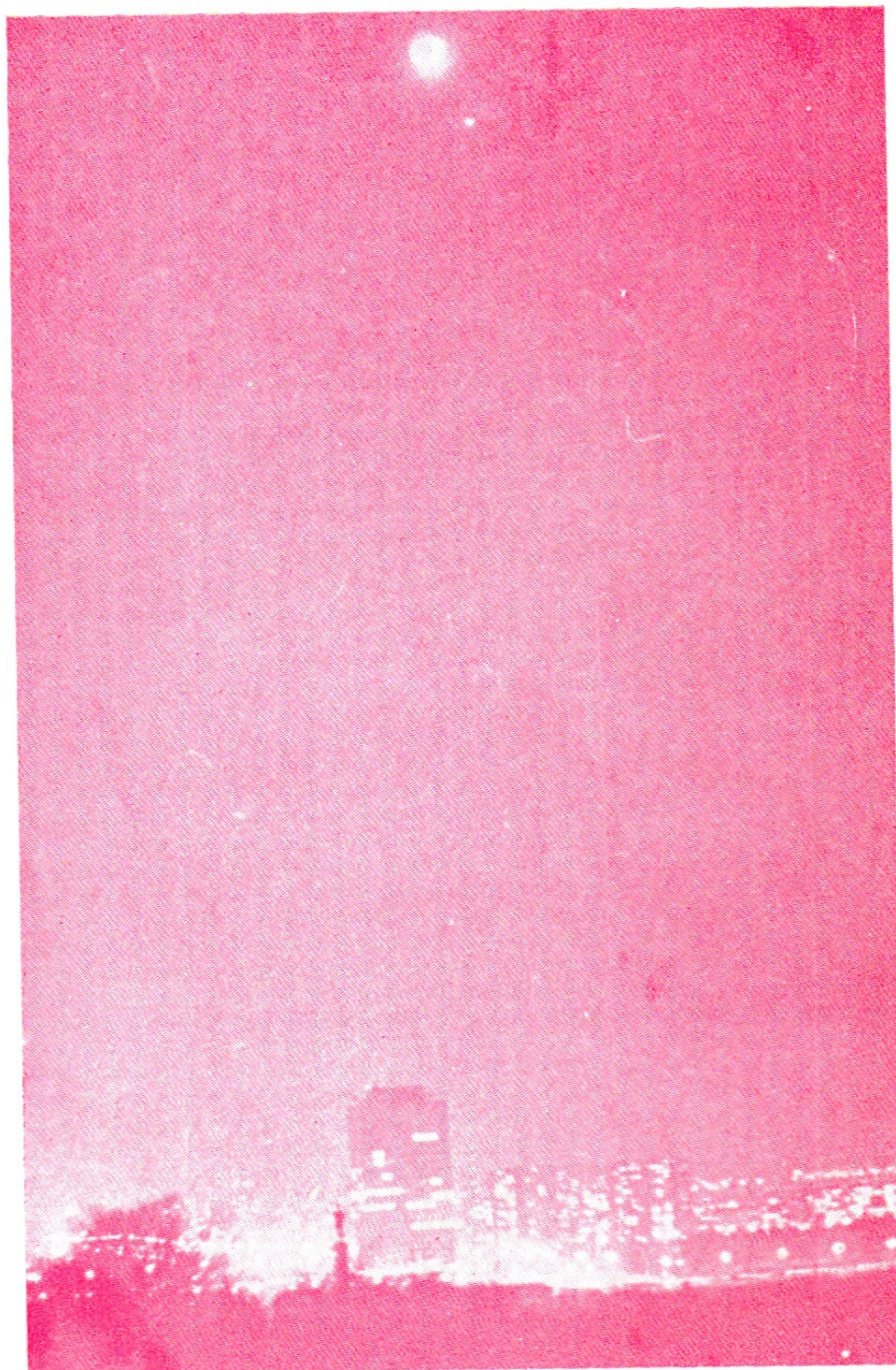


НОВОСТИ И БЕЛЕШКЕ

1981 1

ГОДИНА XXIX
КЊИГА VII

Коњункција Месеца и Венере 20. I 1980. Снимио Љ. Јовановић у ТУ 16h 35m фотоапаратом Зенит F = 50мм, филм HP 4.



VASIONA REVUE D'ASTRONOMIE

ANNÉE XXIX
1981 № 1
BEOGRAD

Bulletin de la Société Astronomique „R. Bošković". Adresse: VASIONA, Narodna opservatorija, Kalemegdan, Gornji Grad, Beograd, Yougoslavie

САДРЖАЈ

CONTENTS

ВАСИОНА, часопис за астрономију. Издаје Астрономско друштво „Руђер Бошковић" уз учешће Републичке заједнице за науку СР Србије. Адреса уредништва и администрације: 11000 Београд. Калемегдан, Народна опсерваторија. Тел. 624-605. Рукописи се не враћају. Годишња претплата НД 80. За иностранство 160. За ученике, ако поруче најмање 10 примерака НД 50. Поједини број НД 20. Претплату слати у корист рачуна број 60806—678—6639

„Васиона" бр. 1 1981, година XXIX, књига VII, стр. 1—20, штампано марта 1981

На основу мишљења Републичког секретаријата за културу број 413-665/74-02 од 27. XII 1974. ово издање је ослобођено пореза на промет

Штампа: НИГРО „Привредни преглед", Београд, Маршала Бирјузова 3—5.

ВАСИОНА ЧАСОПИС ЗА АСТРОНОМИЈУ
ГОДИНА XXIX
1981 БРОЈ 1
БЕОГРАД

UDC 524.3-17-33-82: 524.3 (021.3)-5

O SASTAVU I RAZVOJU ZVEZDA

I FIZIČKI USLOVI U UNUTRAŠNJOSTI ZVEZDA

Trajče Angelov

Institut za astronomiju, PMF, Beograd

Više od 60 godina je prošlo, od dana kada je Struve (1837) izmerio prvu paralaksu, do perioda kada je Hertzsprung (1903—1910) objavio dokaze da postoje zvezde vrlo visokog sjaja i uspeo da zvezde kasnijeg spektralnog tipa razdvoji na grupe (džinovi i patuljci). Njegovi rezultati dobili su pravi smisao kada ih je Russell (1914) objavio u obliku dijagrama (H—R dijagram). Ovom periodu pripadaju i prvi rezultati izračunavanja funkcije sjaja i funkcije gustine zvezda—prave se šeme o sastavu, obliku i dimenziji Galaksije. Astronomi već raspolažu obilnim materijalom o daljinama, sopstvenim kretanjima i spektrima zvezda; proučava se kinematika zvezdanih sistema i međuzvezdana apsorpcija; pronalaze se promenljive zvezde.

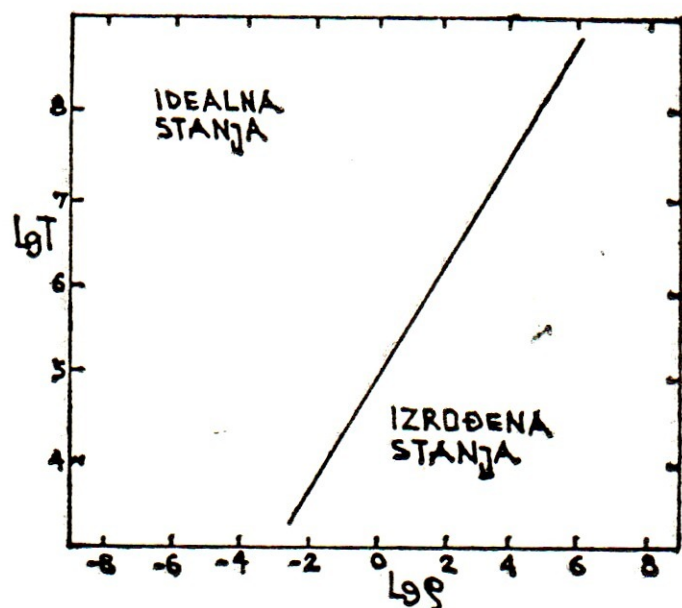
Početkom ovog veka čine se i prve pretpostavke o fizičkom stanju zvezda, definišu se principi unutrašnje građe, konstruišu se modeli zvezda. Osnovna pitanja koja su bila etapno rešavana u periodu od oko 70 godina unazad obuhvatala su: definisanje stanja materije u zvezdama, izvore zvezdane energije i mehanizme njenog prenosa, procese apsorpcije zračenja, hemijski sastav i niz drugih pitanja. Ovde ćemo nabrojati osnovne parametre i principe koji definišu unutrašnjost zvezda.

I.1 Jednačina stanja

Zvezda se posmatra kao sistem elementarnih čestica: od atoma i jona različitih hemijskih elemenata do ogoljenih atomskih jezgara i slobodnih elektrona. Ako su konačne dimenzije čestica zanemarljive u odnosu na njihova međusobna rastojanja, fizičko stanje takvog sistema opisuje se jednačinom idealnog gasa $P = k \rho T/(\mu M)$, gde je k-Boltzmannova konstanta ($1.38 \times 10^{-23} J/K$), M-atomska jedinica za masu (1.66×10^{-27} kg), μ-srednja molekulska težina. Veličina pritiska (P), gustine (ρ) i temperature (T), kod zvezda, menjaju se u širokom intervalu. Ako razmatramo samo Glavni niz, na primer, kod zvezda iz njegove gornje grane ($\mathfrak{M} \gtrsim 2\mathfrak{M}_\odot$) temperatura se kreće od oko 6000 K na površini hladnijih zvezda pa do oko 4×10^7 K u jezgru zvezda velikih masa ($\sim 120\,\mathfrak{M}_\odot$); gustina, idući od površine prema centru, nalazi se u intervalu ($\sim 10^{-4} \div \sim 10^5$) kg/m^3 a pritisak, koji je na površini zanemarljiv ($\sim 10^{-8}$ N/m^2), u jezgru dostiže vrednost $\sim 10^{16}$ N/m^2. Dakle, u površinskom sloju ovih zvezda kombinira se niska temperatura sa niskim pritiskom (mala gustina) pa su rastojanja između čestica dovoljno velika za primenjivost jednačine idealnog gasa. U unutrašnjosti zvezda, pogotovu u oblasti gde su čestice „sabijene" (okolina jezgra zvezde), veliki pritisak rezultat je ne samo velikih gustina već i visokih temperatura. Temperatura od $\approx 2 \times 10^7 K$ u jezgru zvezda sa $\mathfrak{M} = 2\,\mathfrak{M}_\odot$, dovoljna je za potpunu jonizaciju atoma vodonika i helijuma, koji čine osnovnu masu gasa, čime je efektivna zapremina atoma svedena na dimenziju jezgra ($\sim 10^{-15}$ m). U tim oblastima i pored visokih gustina važi pretpostavka o idealnom stanju gasa. Sa povećanjem mase zvezde gustina u centru opada, temperatura raste i uslovi za primenjlivost jednačine idealnog gasa su sve povoljniji.

Razmatrajući i ostale zvezde na H—R dijagramu, interval vrednosti za ρ i T postaje širi. Temperatura na površini hladnih zvezda (onih, čije je zračenje „vidljivo") je $\sim 2000\,K$ a u jezgru zvezda na kasnijim etapama razvoja $\sim 10^{10}$ K. Ako ne razmatramo neutronske zvezde, onda je

moguća kombinacija visokih temperatura, i gustina $\sim 10^{11}\ kg/m^3$ (beli patuljci). Takvi uslovi ne dozvoljavaju da se stanje — u svakoj tački, u unutrašnjosti svih zvezda, opisuje idealnim gasom. Naime, ako se proizvoljna zapremina gasa sažima pri konstantnoj temperaturi, povećava se gustina čestica i oslobađa energija. Za određenu temperaturu postoji kritična vrednost gustine kada se iz gasa ne može više izvući energija i dalje njegovo sažimanje moguće je samo uz dodatnu energiju spolja — kaže se da je nastupilo „izrođeno" stanje. Takva stanja posledica su poznatog Paullievog principa. Za jonizovan vodonik na primer, na $T = 10^4\ K$, kritična vrednost gustine je $70\ kg/m^3$ (Sl. I.1).



Sl. I. 1 Dijagram temperatura-gustina za jednačinu stanja.

Razmatrajmo opet idealan gas. Pretpostavimo da smo u unutrašnjosti zvezde izdvojili malu zapreminu. Ako je ona toplotno izolovana od okolne sredine, promene stanja materije unutar zapremine nazivaju se adijabatskim i opisuju se odnosima

$$P \sim \rho^{\gamma}\ ;\ P^{\gamma-1} \sim T^{\gamma};\ T \sim \rho^{\gamma-1}.$$

Ako zapremina nije toplotno izolovana, ali promena toplote je proporcionalna promeni temperature, onda se promene stanja nazivaju politropskim. Na primer, $P \sim \rho^{1+1/n}$. Ovde je $\gamma = c_p/c_v$ — odnos specifične toplote pri konstantnom pritisku i konstantnoj zapremini, n-indeks politrope.

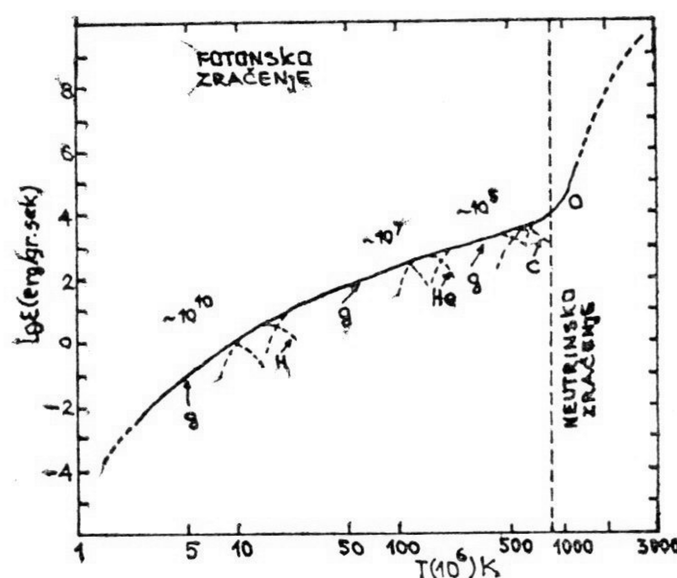
I.2 Izvori energije i mehanizmi prenosa

Pitanje stvaranja i načina prenosa energije možda je i najvažnije sa gledišta razvoja zvezda. Najvažniji izvori energije su: gravitacijski, toplotni i nuklearni. Gravitacijska energija (ε_g) oslobađa se sažimanjem zvezde a nuklearna (ε_N) u termonuklearnim reakcijama. U toplotnoj energiji uključuju se energija jonizacije, kinetička energija čestica i energija ravnotežnog zračenja.

Astrofizičari su odavno znali (na osnovu posmatranja) da je izvor zvezdane energije u njenoj unutrašnjosti. Ali, kako taj izvor radi saznaje se tek krajem 30-ih godina ovoga veka. U to vreme, sve dotadašnje teorije o stvaranju Sunčeve energije (što se lako proširi na sve zvezde), bile su zastarele, neefektivne pa čak i neozbiljne — izuzev teorije gravitacionog sažimanja koju je predložio Helmholtz (1854) i razradio Kelvin. No, i ona je Suncu dozvoljavala najviše 50 miliona godina života. Eddington (1925) daje ideju o nuklearnim reakcijama: predlaže dobijanje helijuma od vodonika. Klasična fizika to ne dozvoljava. Naime, da bi se dva lakša jezgra spojila, i dala teže jezgro, potrebno je da savladaju otpor Kulonovske sile odbijanja — Kulonovsku potencijalnu barijeru (energija $E \approx 10^3\ KeV$). Međutim, kinetička energija toplotnog kretanja čestica u unutrašnjosti zvezda ($T \sim 10^7\ K$) iznosi samo $E = 1.5\ kT \approx 1\ KeV$ ($1 eV = 1.602 \cdot 10^{-18}\ J$). Brzi razvoj kvantne fizike otkriva tzv. „tunel-efekt": postoji verovatnoća da i čestice sa manjom energijom pređu

potencijalnu barijeru, ne idući iznad već ispod nje. Weizsäcker (1937) predlaže dva tipa nuklearnih reakcija kao mogući izvor zvezdane energije: reakcije protona, koje počinju sudarom dva protona, PP-reakcije, i ciklus reakcija ugljenika i azota, *CN*-ciklus. Bethe (1938) izračunava verovatnoće (presek) za sve reakcije *PP* i *CN*, brzinu reakcija i njihovu zavisnost od temperature.

Nećemo ovde navoditi pojedinačne reakcije. Spomenimo samo to da, u *PP*-reakcijama na primer, pored stvaranja pozitrona i izotopa raznih elemenata (koji ne žive dugo), stvaraju se i jezgra helijuma (H_e^4) i oslobađa se energija u vidu neutrina i γ-kvanata. Neutrino je nekoristan zvezdanoj unutrašnjosti jer, s obzirom na skoro nultu verovatnoću za sudare, prolazi kroz zvezdu i napušta njenu površinu. Za dobijanje jezgra H_e^4 u *PP*-reakcjama potrebno je da prođe oko 3×10^{10} god. sa oslobođenom energijom $\varepsilon_{pp} \approx 26\ MeV$. Dobijanje jednog H_e^4 u *CN*-ciklusu zahteva da prođe oko 3×10^8 god. a oslobođena energija je $\varepsilon_{CN} \approx 25\ MeV$. Kasnije, pronađena je mogućnost za stvaranje elemenata i težih od helijuma: trojni sudar α-čestice (H_e^4), koji se odvija u dve faze, a u konačnom rezultatu oslobađa se energija $\varepsilon_{3\alpha} \approx 7.5\ MeV$. Naravno, verovatnoće sudara (reakcija) i njihova brzina zavise od temperature. Na $T \sim 10^6 K$ troše se deuterijum, litijum, berilijum, bor — slab izvor energije. Na $T \approx 10^7 K$ troši se vodonik preko *PP* i *CN* reakcija, na $T \sim 10^8 K$ troši se helijum preko $3\,\alpha$ reakcija.



Sl. I. 2. Količina oslobođene energije za zvezdu sa masom $\sim 1\mathfrak{M}_\odot$. *Simbolom hemijskog elementa označen je redosled reakcija,* „g" označava *gravitacijsku energiju. Brojevi označavaju vreme (god) koje zvezda provodi u fazi određenih reakcija.*

Tako, nuklearne reakcije pri visokoj temperaturi (termonuklearne reakcije) rešavaju dva pitanja: izvor energije koji omogućava dug život zvezda i promenu hemijskog sastava. Sa stanovišta energetske ravnoteže razvoj zvezda rezultat je neprekidne borbe za dominaciju između gravitacijske i toplotne energije uz utrošak transformisane nuklearne energije.

Ukupni fluks oslobođene energije može da se napiše u obliku: $F = F_{zr} + F_k + F_{tp} + F_n + F_m$. Veličine na desnoj strani pretstavaljaju fluks energije koja se prenosi zračenjem, konvekcijom, toplotnim provođenjem, preko neutrina i izbacivanjem mase. Kod stabilnih konfiguracija, gubitak energije izbacivanjem mase na uzima se u obzir (izuzev na kasnijim etapama razvoja) a u unutrašnjim slojevima F_m je ionako jednak nuli. Osim toga zanemarljiva je vrednost F_n a kod najvećeg broja zvezda (Glavni niz) i $F_{tp} = 0$. Za prenos energije ostaju još zračenje i konvekcija.

Teorija zračenja i prenosa energije zračenjem, sa primenom na uslove u unutrašnjost zvezda, sadrži pretpostavku o postojanju termodinamičke ravnoteže (*TR*). Potpuna *TR* zahteva ravnotežu između čestica sredine i ravnotežu zračenja i sredine, što dovodi do jednakosti između temperature zračenja i sredine u svakoj tački i u svakom pravcu: postoji potpuna kompenzacija između svakog procesa emisije i odgovarajućeg procesa apsorpcije fotona; polje zračenja opisuje se zakonima za absolutno crno telo, stanje sredine — zakonima Maxwella (raspodela čestica po

brzinama), Boltzmanna (raspodela pobuđenih atoma), Saha (raspodela jonizovanih atoma); $F_{zr} = 0$. U sredini sa zračenjem uslove potpune TR teško je ispuniti.

Međutim, unutrašnjost zvezda može da se nalazi u lokalnoj (približnoj) TR (LTR): čestice sredine su u ravnoteži između sebe a fotoni nisu u ravnoteži sa česticama. To dovodi do nejednakosti temperature u različitim tačkama i pravcima, odnosno do pojave gradijenta temperature dT/dr. Na primer, za zvezdu iz centralnog dela Glavnog niza, razlika temperature u centru i na površini je $\sim 10^7\ K$. Ako je radijus zvezde $\sim 10^9\ m$, onda je $dT/dr \sim \Delta T/\Delta r = 10^{-2}\ K/m$. Znači, na rastojanju od 1 *cm*, promena temperature je samo desethiljaditi deo stepena. Pošto je izračenom fotonu srednje energije, u unutrašnjost zvezda, potrebno da pređe nekoliko *cm* da bi bio apsorbovan, možemo zaključiti da je temperatura u tački emisije fotona približno jednaka temperaturi u tački njegove apsorpcije, odnosno da je za unutrašnjost zvezda ispunjen uslov LTR. Mala vrednost dT/dr ipak daje $F_{zr} \neq 0$ i omogućava prenos energije zračenjem.

Konvekcija pretstavlja strujanje gasa čija se gustina razlikuje od gustine sredine kroz koju prolazi. Kriterijum za nastanak konvekcije dao je M. Schwarzschild (1958) u obliku poređenja temperaturskog gradijenta zračenja sa adijabatskim gradijentom temperature: $|dT/dr|_{zr} < |dT/dr|$ad. Kod efektivnog izračunavanja modela zvezde ta se nejednakost ispituje u svakoj tački. Njeno ispunjavanje znači da se u toj tački energija prenosi zračenjem a u suprotnom, mehanizam prenosa je konvekcija. Druga alternativa ima dva rešenja: neispunjavanje uslova znači i jednakost gradijenata; ta tačka pretstavlja granicu između dveju oblasti sa različitim mehanizmom prenosa.

I.3 Neprozračnost

Razmatrajmo element zapremine u unutrašnjost zvezde. U opštem slučaju, na njegovoj granici, neki upadni fotoni bivaju odbijeni, drugi apsorbovani, treći rasejani pod različitim uglovima a ostatak prođe kroz zapreminu. Ako izračunamo ukupni koeficijent apsorpcije (apsorpcija + rasejanje) za foton srednje energije, iz upadne struje fotona, dobićemo koeficijent neprozračnosti ($\varkappa$). Da bi ga efektivno izračunali moramo znati sastav i energiju upadnog zračenja i količinu energije koja se apsorbovala. Ovo drugo je i najteže izračunati jer potrebno je učiniti osnovne pretpostavke o fizičkom i hemijskom stanju materije u zvezdama. Da vidimo, koje su osnovne relacije. Naime, za jedno telo kažemo da je prozračno ako, gledajući u njega, „vidimo" sve što je iza njega. Povećamo li njegovu gustinu, ili debljinu, smanjiće se mogućnost „viđenja". Znači, neprozračnost se povećava povećavanjem gustine i dužine puta koju foton mora da pređe idući kroz datu sredinu.

Osim toga, treba znati i procese u kojima se, pri datim uslovima (gustina i temperatura), efektivno vrši apsorpcija. Protoni, α-čestice i slobodna jezgra atoma težih elemenata mogu, za kratko, da utiču na povećanje ukupne apsorpcije samo pri velikim gustinama. Najveći krivac za neprozračnost su unutrašnji elektroni delimično jonizovanih atoma, elemenata težih od helijuma. Dakle, neprozračnost se povećava sa povećanjem prisustva ovih elemenata. Pod pretpostavkom o visokim vrednostima temperature i gustine u unutrašnjosti zvezde, apsorpciji najviše doprinose sledeća tri procesa: 1. — *slobodni prelazi atoma* (fotojonizacija), kada atom oslobađa jedan elektron apsorbujući jedan foton; 2. — *slobodno — slobodni prelazi,* kada u sudaru sa atomom slobodni elektron apsorbuje energiju fotona; 3. — *rasejanja na slobodnim elektronima.* Manji doprinos daju i *vezano-slobodni prelazi* težih elemenata, dok *vezano-vezani prelazi značajni* su u površinskim slojevima hladnijih zvezda.

Uticaj temperature na neprozračnost je očigledan. Sa povećanjem temperature raste stepen jonizacije (broj slobodnih elektrona prema ukupnom broju atoma i jona) a to znači da i atomi težih elemenata gube deo svojih unutrašnjih elektrona — neprozračnost se smanjuje. I tako, da bi izračunali koeficijent neprozračnosti, koji je neophodan za opisivanje stanja u unutrašnjost zvezda, moramo to stanje unapred da znamo. Izlaz iz takve situacije je u učinjenim osnovnim pretpostavkama: neke smo već spomenuli, o drugima će biti reči.

Videli smo, vrednost za $\varkappa$ direktno zavisi od pretpostavke o hemijskom sastavu. Otud i veliko interesoavanje za različite teorijske mogućnosti izračunavanja neprozračnosti. Postoji mnogo metoda čiji je cilj da se što više smanji greška u dobijanju poprečnih preseka za sudare, da se što tačnije numerički interpretiraju kvantno-mehanički efekti različitih procesa, da se sastave tablice za što širi interval temperature i gustine i za što raznovrsniji hemijski sastav. Klasičnu formulu Kramersa, za ukupnu neprozračnost u unutrašnjosti zvezda ($\varkappa \sim \rho\ T^{-3.5}$) ili za pojedine procese, modifikovali su je mnogi autori kasnije. U najširoj upotrebi, i danas, su tablice Keller-Meyerotta (1955) i Coxa (1965).

I.4 Hemijski sastav

Spektri zvezdanih atmosfera ukazuju na prisustvo različitih hemijskih elemenata. Po pravilu, hemijski sastav atmosfera svih zvezda — manje ili više, je isti: mnogo vodonika i helijuma, malo težih elemenata; pri tome, što je elemenat teži to ga manje ima. Postoje i odstupanja za pojedinačne zvezde i grupe zvezda (zvezde bogate metalima, ugljenikom itd). Hemijski sastav unutar zvezde je nepoznat. Možemo da pretpostavimo da je, na početku razvoja, isti kao u atmosferi, ali njegova promena kasnije (način i brzina promene) utiče na razvoj zvezde. Za Teoriju građe i razvoja zvezda potrebno je znati relativno učešće — po masi: vodonika (X), helijuma (Y) i svih ostalih elemenata zajedno (Z), u gasnoj smeši. Pri tome dovoljno je znati X i Y jer mora biti $Z = 1 - X - Y$.

Proučavanje oblika, dimenzije i sastava Galaksije dovelo je, između ostalog, do rezultata da se naš Galaktički sistem sastoji od dva osnovna podsistema: prvi, čine ga veći broj zvezda sa periferije (nazvaćemo ga Populacija I) i drugi — čine ga zvezde centralnih delova Galaksije (Populacija II). Pokazalo se da prisustvo težih elemenata nije isto u obe populacije što, zbog zavisnosti razvoja od hemijskog sastava, govori o načinu razvoja naše Galaksije. Savremenija podela na pet populacija daje više detalja o prisustvu težih elemenata (Tab. I.1)

Tablica I.1

Populacija	Objekti u sastavu populacije	Sadržaj težih elemenata po broju atoma
Ekstremna populacija I	Zvezde O, B; mlada galaktička jata; asocijacije; kosmička prašina; međuzvezdani HI	4%
Populacija I	Obične zvezde klase A do F; galaktička jata; crveni superdžinovi	3%
Stara populacija I	Zvezde Glavnog niza i džinovi klase G do K	2%
Populacija II	Beli patuljci i promenljive zvezde	1%
Ekstremna populacija II	Sferna jata i subpatuljci	0.3%

Poznavanje X, Y, Z potrebno je pre svega za izračunavanje μ. Po svom značenju μ je ukupna masa (u atomskoj jedinici za masu M) po slobodnoj čestici. Neka je hemijski materijal u unutrašnjost zvezde potpuno jonizovan i neka je u 1 *cm* ukupan broj slobodnih čestica-n, sa ukupnom masom-m, onda je $\mu = (m/M)/n$. Za jedan atom vodonika, $n = 2$ (proton +elektron), $m(H)/M \approx 1$ i $\mu(H) \approx 0.5$. Za jedan atom helijuma, $n = 3$ (jezgro + 2 elektrona), $m(He)\ /M \approx 4$ i $\mu(He) \approx 4/3$. No, za natrijum $\mu = 23/12 \approx 2$, za gvožđe $\mu = 56/27 \approx 2$ itd. — za sve elemente teže od helijuma možemo uzeti $\mu = \mu' \approx 2$. Ako sada imamo smešu elemenata, sa poznatim X, Y, Z, onda se μ može izračunati iz jednačine

$$1/\mu = X/\mu(H) + Y/\mu(He) + Z/\mu' = 2X + 0.75\ Y + 0.5Z.$$

Iz primera je jasno da će μ zavisiti od stepena jonizacije.

Nabrojali smo osnovne mehanizme, procese i principe kojima se opisuje unutrašnjost zvezda. U skupu strukturnih parametara sreću se i druge veličine (količine) koje se mogu smatrati za izvedene. Na primer, jedna od važnih količina je izračena energija po celoj površini zvezde, u svim pravcima u okolni prostor, za jedinicu vremena (L). Po svom značenju to je snaga zračenja. Ako je F ukupni fluks energije na nivou R od centra, onda je $L = 4\pi R^2 F$, za sferno-simetrični sloj. Poznavajući R i $\mathfrak{M}$ zvezde i izmerivši F na njenoj površini (gde je ukupni fluks jednak izlaznom — izmerenom fluksu zračenja), može se potražiti vrlo značajna relacija $L(\mathfrak{M})$. Osim toga, pomoću L može se jednostavnije izraziti uslov toplotne ravnoteže datog sloja u unutrašnjost zvezde.

U drugom delu biće reči o matematičkom aspektu metodike efektivnog izračunavanja zvezdanih modela a u trećem delu prosledićemo razvojni put zvezda: od trenutka njihovog rađanja do poslednje faze njihovog aktivnog života.

Primljeno avgusta 1980.

L i t e r a t u r a

Bethe, H.A., Critchfied, C.L., 1938, *Phys, Rev.* **54**,248.
Bojarčuk, A.A., 1960, *Voprosi kosmogonii,* Vip. **7**,217.
Cox, A.N., Stewart, J.N., Eilers, D.D., 1965, *Ap. J., Suppl.*, **11**,94.
Frank-Kamenetskii, 1962, *Physical Processes in Stellar Interiors.*
Keller, G., Meyerott, R.E., 1955, *Ap.J.*, **122**,32.
Kramers, H.A., 1923, *Phil. Mag.*, **46**,836.
Schwarzschild. M., 1958, *Structure and Evolution of the Stars,* Princeteon
von Weizsacker, C.F, 1937, Phys. Zs., **38**.176.
Dopunska literatura
Aller, L.H., and Mc Laughlin, D.B., 1965, *Stellar Structure,* Chicago.
Cox, P.J. and Giuli, R.T., 1968, *Principles of Stellar Structure,* Tom 1, New York.
Kaplan, S.A., 1977, *Fizika zvezd,* Moskva.

ON THE STRUCTURE AND EVOLUTION OF STARS (I)

T. Angelov

A review of basic ideas and stellar parameters is given.

UDC 51 (091):52 (091):53 (091):54 (091):55 (091)

ШТА СУ АСТРОНОМИ ОТКРИЛИ У ДРУГИМ НАУКАМА

Б.М. Шеварлић

Институт за астрономију

Природно-математичког факултета у Београду

Знамо већ да су велики број открића у астрономији учинили неастрономи. Али је мање познато да су и астрономи учинили већи број открића у другим наукама: математици, физици, хемији, геодезији, геофизици, геологији, климатологији, биологији, хронологији. Још је мање познат допринос астронома прекоморској и ваздушној пловидби, разним гранама технике, привреде и народној одбрани.

Почнимо са прилозима астронома математици, јер је за њу веже најстарије пријатељство.

,,Осим матерњег језика нема другог предмета који би био тако тесно везан са свакодневним животом и који би био тако неопходан за успешно вођење сваког посла, као што је то математика. Ма куда да се осврнемо у наше дане гвожђа, паре и електрицитета, наћи ћемо да је математика свугде била пионирка и, у исто време, гаранција да ће резултат бити успешан. Кад бисмо од наше цивилизације одузели језгро — математику, цивилизација би неминовно пропала'', писао је Јунг пре пола века. У наше доба незапамћеног развоја науке и технике, доба коришћења атомске енергије, стварања електронских мозгова, међупланетских путовања. пуштања вештачких сателита и космичких бродова и понирања у најдаље васионске дубине и у унутрашњости звезда и најдаљих звезданих система, то се мишљење из дана у дан све више потврђује. Но док је данас математика постала цела цивилизација, с егзактним природним наукама њено сродство датира још од много раније, из времена ренесансе. С астрономијом, као најегзактнијом природном науком, њено сродство је, као што ћемо одах видети, још много старијег порекла — оно се управо губи у маглама преисторије.

Но још на почетку ваља додати да је кроз читав развојни пут ове две науке њихов утицај био међусобан, па ће тако и овде морати да се прикаже. Мишљења да је астрономија искључиви дужник математике или да је чак само једна њена грана, није оправдано и произилази из недовољног познавања како астрономских метода тако и великог утицаја који је астрономија извршила на развој математике. Од пре једног века, па и више, од како је астрономија почела да се користи методима свих грана експерименталне и теоријске физике, ово гледиште је постало и потпуно неодрживо.

При свем том познато је да нема дана ниједног поглавља у астрономији, а камоли астрономске дисциплине, који од почетка до краја нису прожети математиком. Њене теорије, изведене из посматрања, добиле су свој општи и сажети облик, као и могућност сагледања појава у далекој прошлости и њихова предвиђања у далекој будућности с изванредном тачношћу, тек када су се ослониле на математику. Но зато је посматрање и мерење увек било и остало коректив и самих теорија. ,,Чудни су људи ти астрономи, ниједна теорија им није добра која се са њиховим посматрањима не слаже'', буни се математичар Лагранж, а математичар Леверије, кад су га астрономи упозорили да се једна његова теорија не слаже са посматраним чињеницама, узвикује — ,,утолико горе по чињенице''! Математичке схеме усваја астрономија само донде докле одговарају објективној стварности, преко тога нове посматране чињенице служе за стварање нових теорија, и тако се одвија развојни пут ове науке управо дијалектички, у непрекидној међусобној сарадњи и међудејству теорије и посматрачке праксе. С друге стране, својим чаробном занимљивошћу многи су астрономски проблеми привлачили најбоље математичаре да за потребе њихова решавања створе математичке методе или читаве дисциплине, тако да се за неке највеће од њих данас не може рећи да ли су били више математичари или астрономи. Овај инверзни утицај био је усто често скопчан и са занимљивим историјским моментима. Зато у даљем историјском пресеку, при осветљавању утицаја астрономије на математику, нећемо моћи да заобиђемо ни обрнути утицај, бар у најбитнијим елементима.

Као што су основни математички појмови количине, облици и положаји, везани за број, меру и простор, морали поникћи још у праскозорје човекова ума, исто су тако и две основне астрономске појаве — привидно дневно кретање неба и привидно годишње кретање Сунца, морале још у то исконско доба чинити дубок утисак на човека, нарочито по својим рོследицама — смени дана и ноћи и смени годишњих доба, које су биле од животног интеиеса за њега и његов рад. Ту још треба тражити прве клице узајамног утицаја математике и астрономије.

У првим организованим државама, на пр. асирској и вавилонској, среће се на неколико хиљада година пре наше ере шездесетни бројни систем, поникао из мерења углова за потребе астрономије. Ту се срећу већ и зачеци тригонометрије, без којих се нису могла пред-

виђати Сунчева и Месечева помрачења, затим прве бројне таблице потребне за припрему и обраду астрономских посматрања. У њима срећемо не само производе, већ и реципрочне вредности, квадрате природних бројева, као и квадратне и кубне корене. Нађене су из овог времена и глинене астрономске таблице с емпиријски нађеним зависностима као претечом појма функције.

Сва ова звања преносе се нешто касније у суседни Египат, где се под специфичним условима земљорадње и сталне потребе за поновним разграничењем имања после Нилових поплава развија геодезија неодвојиво везана за астрономију, а са њом и планиметрија. Стари Египћани већ знају да рачунају површине геометријских слика. Предвиђање годишњих доба за потребе благовремених пољопривредних радова поставило је пред египатске астрономе и питање израде првог календара, па је ово питање, скопчано са знатним познавањем аритметике, утицало и на њен развој у старом Египту.

На неколико векова пре наше ере Грци су били успоставили већ економске односе с овим и другим источним земљама и пренели у Грчку тековине математике и астрономије с Истока. Ту и тад је синтетичка геометрија прерасла из гомиле чињеница и правила, створених ради практичних потреба и примене, у систематизовану науку. Ту се изградила и њена рационална дедуктивна метода. Грци су били први који су се бавили математиком ради ње саме — ,,ради саме душе'', како је говорио Сократ. Но Грци нису занемаривали ни њене примене. Од њих је остала изрека ,,непрестано се бог математиком бави'', као сведочанство о дубоком сагледавању могућности њених примена на природне науке. Због потребе астрономије ту је поникла равна и сферна тригонометрија, а изучавањем гониометријских функција у границама аргумената од 0—360° и састављањем њихових таблица ту се још више развио појам о функционалној зависности. Ту се јавило и прво научно изучавање полиедара као последица трагања за основним каменима од којих је изграђена материја. У периоду опадања Грчке (III и II век пре н.е.) математика се све више потчињавала идеалистичкој философској школи, која је науку о бројевима строго одвајала од рачунања, а геометрију од мерења. Познато је на пример, да је у то доба Плутарх морао извињавати Архимеда што се бавио материјалним стварима.

Астрономија, а с њом и математика, доживљавају свој нови процват у Александрији почев од III века пре н.е. Већ у том веку јављају се Архимед, Аристрах, Ератостен и Аполоније, који се непосредно или посредно сматрају александријским научницима. Ератостен налази просту и духовиту геометријско-астрономску методу и премерава Земљу, а Аристрах генијалну геометријску методу којом премерава даљине Месеца и Сунца од Земље као и величине тих небеских тела и добива податке који га недвосмислено опредељују да Сунце стави у средиште Васионе и тако удари темеље првом хелиоцентричном систему света, који је у основи и нашег данашњег, иако далеко измењеног погледа на свет. Геодезија и картографија, као гране астрономије, ту достижу дотад незапамћени развој. Ту се појављују и први астрономски инструменти (Хипарх, II век пре н.е) и развијају тачније методе астрономских посматрања и рачунања.

Од египатске године са 365 дана Сосиген ствара годину од 365,25 дана (јулијанска реформа календара), која пружа далеко бољу апроксимацију природној појави. Ту се развијају механика и оптика, које постављају нове задатке пред математику. Изазвана потребама астрономских рачуна ту се први пут развија метода апроксимација у рачунању по Архимедовом примеру апроксимације кружног обима. Ту се рачуна с тачнијим одређивањем граница грешака и први пут разликује појам апроксимативног рачунања од ,,нестроге'' математике. У тој епохи Аполоније ствара своје ,,Коничне пресеке'', без који би се у новом веку тешко могле развити тачне методе рачунања планетских и кометских путања. У истој епохи је велики астроном Хипарх створио прве таблице тетива, које су замењивале таблице синуса. Ту су Менелај (Iв.) и Клаудије Птолемеј (IIв.) за потребе астрономије поставили

основе сферне тригонометрије, а овај последњи први пут увео у математику појам координата, преко географских координата, којима се служио за потребе картографије. Са Хероновом ,,Метриком'' (Iв.) геодезија се развила и са римским геодетима достигла дотле неслућене практичне размере. Ту се јавио и образац за површину троугла (који је познавао још Архимед), данас познат као Херонов. Ту су се појавиле прве нумеричке примене у геометрији, опет изазване потребама астрономије и геодезије. И у читавој овој епохи тригонометрија се сматра као саставни део астрономије, одн. геодезије, која је и сама била у њеном саставу.

Са пропашћу Александрије и незадрживим опадањем грчке и римске науке, центар научних истраживања прелази на младе арапске земље на Блиском Истоку и на Индију и Кину. У вези са календарским и хронолошким рачунањем у Кини се у то време развијају аритметички задаци типа: при дељењу неког броја са 2 остатак је 2, при дељењу са 5 остатак је 5, при дељењу са 7 остатак је 2, који је то број? Између II и VI века кинески математичар Сун Ци, а потпуније у XIII веку Цин Цу Шао, даје опис поступка који је нашао Гаус тек 1801. г. за опште решење оваквих задатака. Велики развој рачунских метода, изазван потребама астрономије, доводи у геометрији Цу Чун Чиа у V веку до граница за број $(3{,}1415926 < \pi < 3{,}1415927)$. Јављају се и нумеричке методе решавања једначина. Тако, геометријске задатке који доводе до решавања једначина трећег степена срећемо прво код астронома Ван Сјо Туна (VII век). За потребе астрономије Кинези стварају и прве методе за решавање система нумеричких линеарних једначина. Њихови бројни примери срећу се код европских математичара средњег века.

Заслуга индијских математичара, која је подстакла развој како математике тако и астрономије, је у стварању декадног бројног система, употреби нуле, негативних и ирационалних бројева. Они први уводе у тригонометрију криве синуса, косинуса и аркус—синуса, од великог значаја за обе науке.

Док Европа лежи у дубокој тами раног средњег века, млади народи Блиског Истока и Средње Азије, у свом успону, прихватају грчке тековине у математици и астрономији и унапређују обе науке. По наредби калифа Ал Мамуна (IX век) врши се после много векова ново мерење Земљина меридијана. Астроном Насир Един Туси ствара Опсерваторију у Мараги (XIII век), а астроном Улу Беј (XV век) у Самарканду, остављајући дуго непревазиђена астрономска посматрања и математичке таблице. У вези с развојем геодезије и астрономије развијају они и тригонометрију. Астроном Ал Батани (IX и почетком X века) уводи гониметријске функције синус, тангенс, и котангенс, а астроном Абул Вефа свих шест функција. Налази алгебарске везе међу њима и и израчунава таблице синуса за сваких 10' с тачношћу до на $1/60^4$, као и таблице тангенса и налази синусну теорему за решавање сферног троугла. Астроном Насир Един Туси развија даље сферну тригонометрију и поставља задатак решавања свих 6 случајева сферног троугла. Сам налази решење за два најтежа случаја (кад су познати сви углови и кад су познате све стране). Улу Бејев сарадник, астроном Џемшид Ибн Масуд Ал Каши (XV век) даје аритметику децималних разломака, која се у Европи јавља тек крајем XVII века с фламанским научником Стевином. Исти астроном дошао је и до Њутнова биномног обрасца, дао у вези с израдом детаљних таблица синуса итерациони метод решавања једначина, а број π изрочунао на 17 децимала и тако омогућио већу тачност у примени математичких схема на апроксимације природних појава.

У Русији новогородски монах Кирик (XII век) даје математички рад посвећен сложеном аритметичко-хронолошком рачуну пасхалија (датуми Ускрса и покретних празника), који се у суштини своди на решавање неодређених једначина првог степена у области целих бројева.

Пошто су се после велике сеобе народа образовале и стабилизовале прве државе у средњевековној Европи и у њима јавила и ојачала независна грађанска класа, која се богатила трговином и мануфактуром, најпре у талијанским а затим и другим градовима,

дошла је она преко арапских градова у Средоземљу до тековина математике и астрономије Истока и Грчке и пренела у Европу богато старо наслеђе. У тој епохи првих универзитета и првих озбиљних уџбеника, који су сједињавали науку и праксу, појавиле су се и „Књига о абакама" (1202. г.) и „Геометријска пракса" (1220. г.) Леонарда Пизана, које су имале велики утицај на развој аритметике, алгебре и геометрије. У тој епохи (прва половина XV века) астроном Никола Кузански даје математици идеју о бесконачно великим и бесконачно малим величинама и приближне методе за ректификацију кривих, а астроном Јохан Милер Регимонтанус прве тригонометријске таблице на 7 децималних места, и „Пет књига о свим могућим троуглима" (1461. г.). објављене тек 1533. г.

Тек у периоду ренесансе (XVI век), Европа први пут превазилази Стари свет и Исток. У овој революционарној епохи пољски астроном Никола Коперник у новој светлости поставља хелиоцентрични систем света, а велики математичар и физичар Галилеј даје за њ и прве опипљиве доказе. Његова девиза „природа је књига написана математичким језиком" показује да је велики напредак природних наука био у овој епохи од почетка стављен на егзактну, математичку основу. Напретку астрономије допринели су знатно и радови великих математичара ове епохе: Тартаље, Ферарија и Кардана, као и Вијетино проширење појма гониометријске функције до бесконачности (1594. г.). Исто тако и Стевинова правила за рачунање децималним бројевима (1585. г.).

У XVII веку се с аналитичком геометријом стварају још веће могућности за развој астрономије. У овом великом веку с наглим развојем природних наука осетила се и потреба да се токови природних појава и природни закони искажу општим математичким формулацијама. И док се у физици почиње тек с најпростијим количинским односима (Бојлов закон), у астрономији Кеплер открива, истина емпиријски, али у математичкој строгој форми, своје знамените законе планетског кретања (1609, 1619. г.), из којих Њутн изводи и сам закон опште гравитације („Математички принципи природне философије", 1687. г.) и објашњава први пут на математичкој основи најважније неједнакости Месечева кретања, појаву прецесије, плиме и осеке и спљоштености Земље и других планета. Астроном Кеплер (1615. г.) и Кавалијери (1635. г.) уводе анализу бесконачно малих величина кроз своју методу недељивих, коју примењују на одређивање запремина обртних тела и низ других проблема. У то време Кеплер уводи и појам полупречника кривине. Велики математичар, физичар и астроном Њутн, проучавајући законе природних појава уводи у математику први пут појам динамичности који га доводи до открића диференцијалног и интегралног рачуна (1669, 1680. г.). Они убрзо затим омогућују да се природни закони одн. токови природних појава на веома општи и кратак начин исказују у облику диференцијалних једначина. Методе за њихово решавање такође се добрим делом стварају из потребе да се дође до тз. коначних једначина којима ће се одредити положаји небеских тела у сваком жељеном тренутку прошлости и будућности. Ту и тада је створена савремена математичка основа природних наука и напосе астрономије. Међу њима је астрономија била та која је поставила највише нерешених проблема, кроз које се и сама математика знатно развила. У истом веку Галилеј (1609. г.) и Кеплер (1611. г.) разрадили су служећи се геометирјском оптиком своје типове дурбина, а Њутн дао (1668. г.) телескоп, који су касније одиграли џиновску улогу у развоју астрономских метода и богаћењу сазнања. Хајгенс је разрадио математичку теорију часовника с клатном (1673. г.), који је отада постао основно астрономско оруђе. У истом веку се појавило још једно астрономско оруђе — прецизни хронометар и разрађене су математичке методе прекоморске астрономске пловидбе. У овој епохи и картографија доживљује велики успон, јављају се нове картографске пројекције на основи напретка и развоја геометрије. Том приликом Меркатор (1668. г.) интегришући по

x ред $\frac{1}{1+x} = 1 - x + x^2 - \ldots$ долази до степеног реда за $\ln(1+x)$. Оснива се затим

пројективна геометрија, толико примењена у геодезији као науци, а Дезарг (1636. г.) удара основе теорији перспективе, која налази примене и у геодезији, и у фотограметрији, и у картографији. У томе веку Непер (1614. г.) преко појма аритметичке и геометријске прогресије долази до појма логаритма и до операција с логаритмима, а с тим и до првог појма функције која није дефинисана никаквим алгебарским изразом. Логаритми одмах постају нераздвојно математичко оруђе за астронома и омогућују нагли развој ове науке, баш као у већим размерама употреба рачунара у нашем веку. У истом веку Ферма и Паскал дају прве радове из теорије вероватности, која је касније нашла, нарочито преко теорије грешака, велике примене како у геодезији тако и у астрономији. Најзад, у XVII веку, Паскал и Лајбниц, конструишу и прве рачунске машине, но које нажалост тада нису нашле практичне примене у астрономији.

У XVIII веку стварају се прве академије наука и на њих преноси главна научна делатност. Математика се нешто одваја од природних наука и бави разрадом сопствених метода. Тада се развила сложена аналитичка апаратура, на чијем су развоју радили како математичари тако и астрономи (Ојлер, Лагранж, Даламбер, Меклорин, Лаплас и др.) С радовима Лагранжа и Лапласа рационална и небеска механика развијају се у потпуно самосталне науке. Поред математичара Лангранжа и астроном Лаплас даје прилог општој теорији линеарних диференцијалних једначина, а исти астроном с Ојлером и Монжом удара темеље и теорији парцијалних једначина другог реда. Ојлер и Лагранж оснивају варијациони рачун, који касније такође налази примене у астрономији, а Ј. Бернули, Лаплас и Бајес постављају на савременију основу рачун вероватности, који постаје основна математичка апаратура у астрономији и геодезији. Клеро даје математичку теорију Земљина облика, а Лагранж, Лаплас, Лежандр и Монж ударају темеље метарском систему мера преко геодетско-астрономских мерења извршених за време велике буржоаске револуције у Француској. У истом периоду рачунају се и нове тригонометријске таблице, углавном за потребе астрономије и геодезије. На темељу моћних аналитичких метода разрађених у овом веку могао је Клеро доказати да неслагања између израчунатих и посматраних померања перигеума Месечеве путање не долазе од нетачности закона гравитације, већ од несавршенства примењене математичке апаратуре, могао је Ојлер разрадити прву теорију Месечева кретања, планета и Земљине ротације, могао је Даламбер дати теорију нутације, а Лагранж прва решења проблема трију тела, теорију Месечеве либрације и секуларних варијација планетских путања, које је Лаплас допунио ставовима о стабилности Сунчева система. Овим ставовима оборено је Њутново идеалистичко схватање обраћања Сунчева система у хаос непрекидним утицајем поремећаја, у хаос „из кога га може спасити само прст божији”. Астрономи су били први који су у овом веку потражили приближна и квалитативна решења за диференцијалне једначине која одговарају на њихова питања, да се затим у XIX в. ове методе развију и добију опште признање и примену и у теоријској математици. Може се рећи да је на потстицај астрономије у овом веку створена и читава теоријска механика. У XVIII в. су најзад Меклорин и Јакоби били нашли и прва делимична решења проблема облика небеских тела изучавајући равнотежне облике идеалне хомогене течности.

У XIX в. поново се математика јаче везује за проблеме природних наука, нарочито астрономије, Већ увелико разрађена сложена апаратура математичке анализе, коју су применили Адамс и Леверије (1846. г.), доводи до тријумфа рационалних метода у астрономији — до открића планете Нептун математичким путем. Коши, Абел, Вајерштрас и др. разрађују теорију аналитичких функција, која заузима централно место у математици XIX в., затим елиптичких функција и бескрајних редова, које знатно унапређују астрономска истраживања. Развија се теорија комформног пресликавања, која доводи до унапређења картографије, одн. геодезије. У овој епохи важно место заузимају радови Гауса, Фуријеа, Пуасона, Кошиа, Дирихлеа, Грина, Остроградског и др. на теорији потенцијала. Стоксова теорија удара темеље динамичкој геодезији, тј. одређивању Земљина облика мерењем

силе теже. Радовима Ламберта, Олберса, Гауса и многих других нађене су методе за израчунавање кометских путања из посматраних положаја комета. У тражењу егзактних метода за рачунање ових путања из прекобројних посматрања Лежандр и Гаус налазе теорију најмањих квадрата, која даје највероватнија решења у свим случајевима прекобројни мерења. У вези с оваквим астрономским одређивањем појавио се и проблем решавања система великог броја алгебарских линеарних једначина с многоцифреним бројним коефицијентима, који се, започет од Гауса, и даље развија кроз нове нумеричке операције, Теорија вероватности и даље се развија такође великим делом због потреба астрономије. За њу стварају нов моћан аналитички апарат Лаплас, Пуасон, Чебишев и др. Развија се математичка статистика и примењује најпре на теорију грешака (Стјудент, Фишер и др.), која добива нов вид: прелази се са распореда грешака који важе за бескрајно много мерења на распореде који важе за мали број мерења (реалан случај) и долази до тачнијих образаца за оцену тачности и извођење највероватнијих резултата из система мерења. Развијају се номографија и графичка анализа, које се широко користе и у астрономији и у геодезији, па се добрим делом за њих и стварају. Развијају се затим нове гране геометрије: комформно-диференцијална и пројективно-диференцијална геометрија, које се примењују у вишој геодезији и картографији. За њихове потребе усавршава се и математичка теорија комформног пресликавања.

Поред развоја тзв. функционалне анализе, још увек на основна питања природних наука одговара теорија диференцијалних једначина. На њиховом развоју у XIX в. ради читава плејада великих математичара и астронома. Они осим тога даље развијају теорију обичних и парцијалних диференцијалних једначина теоријске физике, које користи и небеска механика, и теорија равнотежних облика небеских тела, као и теоријска астрофизика у својим новим методама изучавања звезданих атмосфера и звезданих унутрашњости. Астрономи Леверије, Ханзен и Њукомб разрађују математичке методе за рачунање поремећаја у планетском кретању, а астроном Делоне успешно решава диференцијалне једначине којима се одређује Месечево кретање у чисто тригонометријској форми, без секуларних чланова. Нарочито су остали чувени Поенкареови радови на решењу диференцијалних једначина које се односе на периодична, асимптотска и двоструко-асимптотска решења проблема трију тела. Радовима америчког математичара Биркхофа ова врста астрономских истраживања доведена је у везу и с новом апстрактном граном математике — топологијом. Долази се даље до таблица астронома Леверијеа, Њукомба и Брауна из којих се могу лако израчунати положаји великих планета и Месеца за сва прошла и будућа времена водећи рачуна о врло многим поремећајима њихових кретања.

Напослетку, на раније радове о равнотежним облицима небеских тела надовезују се истраживања чувених математичара: Лежандра, Лијувила, Римана, Поенкареа, Џ. Дарвина, Љапунова и др., који су били од интереса не само за астрономију, већ кроз њу и за развој саме математике. Питања стабилности небеских тела своде се на питања одређивања тзв. екстремала, дакле на варијациони рачун, који је импулс за свој развој такође добивао и од астрономије. Теорија равнотежних облика утицала је, сем тога, и на развој теорије интегралних једначина и на још неке гране математике. За решење ове врсте астрономских проблема није нажалост довољна ни данашња математичка апаратура. Обртни и троосни елипсоид су само делимична решења, при одређеним вредностима момента количине кретања, а у општем случају проблем и данас стоји отворен, чак и у најпростијем случају идеалне хомогене течности. Улогу силе плиме при цепању течне масе, толико важну за објашњење постанка двојних звезда и нека друга значајна питања космогоније разрадили су на математичкој основи Рош и Џ. Дарвин.

У XX в. су рационалне математичке методе доживеле још један тријумф у астрономији с Ајнштајновим предвиђањем померања перихела Меркурове путање. С краја XIX и почетка XX в. датирају нумеричке методе анализе које дају задовољавајућа решења тамо

где је могуће доћи до егзактних и које се широко примењују у астрономији. Такве су методе за приближно интеграљење диференцијалних једначина Адамса, Штермера и Рунгеа, затим метода поступног приближавања коју је теоријски засновано Пикар и други. У нашем веку је индијски астроном Чандрасекар решио проблем равнотежног облика стишљиве течности у политропној средини, но само при спором обртном кретању, који је веома важан за познавање облика звезда. Питање равнотежног облика стишљиве течне масе при великој обртној брзини наилази на велике математичке тешкоће и ни до данас није решено.

У нашем веку су изграђене и моћне електричне, а последњих деценија и електронске машине и системи, којима се може вршити нумеричка интеграција, тј. решавање диференцијалних једначина теоријске астрономије, као и многе друге сложене рачунске операције. Ове машине данас рачунају за неколико минута путање планета, комета и сателита које су донедавно рађене данима и седмицама уз помоћ механичкких рачунских машина. Њима се рачунају фантастичном брзином и поремећаји, затим ефемериде, тј. положаји на којима ће се ова небеска тела посматрати, а последњих година и путање и положаји вештачких сателита и космичких бродова. У вези с великом применом електричних машина с перфорираним картама и електронских, које дају у бројевима одговоре на проблеме свих природних наука, а нарочито астрономије и атомске и нуклеарне физике, развила се на њихов подстрек и читава једна нова грана математике — теорија табулирања.

Најзад, битну допуну теорије диференцијалних једначина у изучавању природе представља теорија вероватности. У њеном крилу, а на подстрек механике и астрономије читава плејада великих математичара ради на даљем развоју метода математичке статистике. Захваљујући њима развијају се две нове научне гране — статистичка механика и звездана статистика. Ова последња се у нашем веку развија у наставку на Хершелово статистичко пребројавање звезда и на његово статистичко изучавање кретања звезда у нашем Звезданом систему, уз примену савремене математичке апаратуре. Шварцшилд даје интегралну једначину која омогућује да се одреди звездана густина, тј. број звезда у јединици запремине на разним даљинама од Сунца, а преко функције сјаја долазимо до процена броја звезда разне апслоутне величине ма у којој запремини васионског простора. Статистичким методама се данас изучава кретање Сунца међу звездама, кретање читавог Звезданог система, апсорција светлости у тамној међузвезданој материји, звездане даљине, број тамних маглина, њихова укупна маса итд. Тим се методама изучавају и звездани подсистеми. Откриће звезданих асоцијација (Амбарцумјан, 1947. г.), скупова звезда заједничких физичких особина и постанка, веома важно за познавање грађе нашег Звезданог система за решавање неких значајних питања космогоније, проистекло је из сарадње математичке статистике и астрофизике, двеју грана нука које на први поглед немају никакве међусобне везе.

У нашем веку развија се најзад на методама математичке и теоријске физике, дакле опет у суштини математике, још једна грана астрономије — теоријска астрофизика, која се бави проблемима физичког стања звезданих атмосфера, звезданих унутрашњости, гасовитих маглина, међузвездане материје и другим. Испитујући материју на изванредно високим и изванредно ниским температурама и притисцима и у изванредно разређеном стању, дакле под условима на које не можемо ни помишљати у нашим лабораторијама, она је већ докучила многе доскорашње тајне ових бескрајно далеких светова и припомагала развоју практичне астрофизике и атомске и нуклеарне физике.

Одређени обим овог излагања није допустио да се истакне све чиме је астрономија задужила математику. Указани су само неки важнији тренутци из њиховог односа. Још је мање било могуће приказивати све чиме је математика задужила астрономију јер њеној примени у астрономији, може се рећи, граница и нема — граница јој може бити само граница нашег знања. Било је последњих деценија чак и озбиљних мишљења да су, како математика, тако и астрономија са своје стране, као прастаре науке, већ коначно изграђене у и својим целинама затворене и да ту више нема шта крупније да се уради. Џиновски развој технике

инструмената, кварцни и атомски часовник, електронски хронографи и бројачи, фотоћелија, радио и телевизија примењени на астрономију, електронски рачунари итд. отворило је међутим у наше дане пут новим открићима у астрономији, као што су: закони померања Земљиних полова и континената, секуларне и сезонске промене географских дужина, закони простирања радио-таласа, неравномерности Земљине ротације, њене пулсације и многим другим. Ова открића су с једне стране подстакла развој нових математичких оператора, поступка и рачунских метода, нових функција, нових метода емпиријске анализе, математичке статистике и других грана математике, а с друге стране отворила читав низ нових још нерешених, веома важних и занимљивих питања у истраживању васионе, која за своја решења чекају на нове генерације математичара и астронома. Она су нас само утврдила у уверењу да је развојни пут сваке науке неограничен и да сарадња математике и астрономије и у њиховом даљем развоју пружа неограничен домен рада, који каткада захтева много напора, али увек доноси и много радости.

Ништа нису мање значајна ни открића астронома у физици. Нека смо већ поменули говорећи о томе чиме су астрономи задужили математику. Задовољимо се овде да набројимо само највећа. Сетимо се Њутнова закона опште гравитације, Ремерова открића брзине светлости из посматраних помрачења Јупитерових сателита, Бредлијевог открића аберације светлости, астрономских посматрања значајних за проверу и потврду Ајнштајнове теорије релативности, затим изучавања реакција атомских језгара у космичким условима, изучавања јонизације атома на температурама од преко милион степена, које се не могу остварити на Земљи и других.

Примљено октобра 1979.

(Свршетак у следећем броју)

Abstract

WHAT ASTRONOMERS HAVE DISCOVERED IN OTHER SCIENCES

B. Ševarlić

A review study of discoveries performed by astronomers in other sciences is presented.

UDC 520.338 : 77 (021.3)

OBRADA FOTOGRAFSKIH MATERIJALA

Slobodan Poznanović

Astronomsko društvo „R. Bošković"

Obrada fotografskih materijala obuhvata procese kojima se iz latentne slike dobija vidljiva stabilna slika, a sastoji se iz sledećih celina: razvijanja, prekida razvijanja, fiksiranja, pranja i sušenja fotografskih materijala.

RAZVIJANJE FOTOGRAFSKIH MATERIJALA

Razvijanje latentne slike je najvažniji proces u obradi fotomaterijala i on se može definisati kao redukcija srebro halogenida u metalno srebro (elementarno) i halogeni element (najčešće Br). Kod fotografskog procesa ova je redukcija selektivna. Običan proces redukcije učinio bi da se redukuju sva zrnca srebro bromida bez obzira da li su ona bila prethodno osvetljena

ili ne. Sredstva za redukciju u fotografiji, razvijači, redukuju prvo zrnca srebro bromida koja su osvetljena,pa tek tada ona koja nisu bila osvetljena. U koliko se razvijanje produži počinje redukcija neosvetljenih zrnaca, pojavljuje se najpre veo, a ako se razvijanje produži sva zrna se redukuju i cela emulzija pocrni.

Razvijanje je dakle proces koji se sastoji iz redukcije osvetljenih zrna srebro bromida u metalno srebro koje formira vidljivu sliku i brom koji ostaje u rastvoru razvijača. Pri ovome odigrava se niz hemijskih redukcija od kojih je za nas najvažnija redoks reakcija koju možemo predstaviti na sledeći način:


Ag + reduktivno sredstvo -> Ag + oksidacioni produkt

Odavde vidimo da nam je za redukciju Ag jona potreban rastvor koji sadrži redukciono sredstvo. Taj rastvor je razvijač i da bi lakše shvatili sam mehanizam razvijanja upoznaćemo se prvo sa njegovim sastavom.

Sastav razvijača

Razvijač je rastvor u kome su rastopljene razne hemikalije i on se u većini slučajeva sastoji od: razvijačke supstance, konzervansa alkalija, usporivača i vode.

a) Razvijačka supstanca je osnovni sastojak razvijačajer je ona reducens osvetljenih zrna srebro bromida. Kao razvijačku supstancu moramo koristiti ono redukciono sredstvo koje ima znatno niži redoks potencijal od komponente koju treba redukovati, tj. od srebro bromida. Osim što mora ispunjavati ovaj uslov razvijačka supstanca mora biti dobro topljiva u vodi, njeni oksidacioni produkti takođe, zatim mora biti otporna na vazdušnu oksidaciju, neobojena ili sasvim slabo obojena i ne sme biti otrovna. Iz tih razloga praktičnu vrednost kao razvijačke supstance imaju najčešće aromatska jedinjenja iz redova poliamina i polifenola u kojima su NH i OH grupe u orto ili para položaju. Kao razvijačke supstance najčešće se koriste:

Metol — Monometilparaaminofenolsulfat se najčešće koristi u sitnozrnastim razvijačima i u kombinaciji sa hidrohinonom u različitim razvijačima. Razvijači sa metolom su vrlo postojani.

Hidrohinon — Paradihidroksibenzol je jedan od najčešće i najranije primenjivanih razvijačkih supstanci. Vrlo je osetljiv na sniženje temperature pa se njime ne preporučuje ravzijanje ispod 16°C jer postaje praktično inertan. Najčešće se koristi u kombinaciji sa drugim razvijačkim supstancama i to sa metolom (MQ) i fenidonom (PQ).

Paraaminofenol je sastojak poznatog Rodinal (R—09) razvijača. Može razvijati već uz dodatak samog natrijum sulfita, ali vrlo polako, dok sa alkalnim karbonatima razvija rapidno ali mekano i ne naginje stvaranju mrene čak i kod znatno povišene temperature razvijanja. Menjajući njegovu koncentraciju može se izrazito menjati kontrast razvijene slike.

Parafenilendiamin je poznat kao najbolji sastojak za sitnozrnaste razvijače koji izjednačavaju. Osobina mu je da zacrnjivanjem negativa počinje po celoj površini, ali na razvijemin delovima više ne može prodirati u dubinu sloja ni dužim razvijanjem. Radi toga zrno u negativu ostaje sitno, a kontrasti su izjednačeni. (Najbolji razvijač te vrste je Sease III.)

Pirokatehin — Ortodihidroksibenzol koristi se u specijalnim razvijačima bez sadržaja ili sa manjim koncentracijama natrijum sulfita koji otvrđuje želatin. Naročita osobina mu je da normalno razvija u prisustvu natrijum tiosulfata pa se upotrebljava u procesu istovremenog razvijanja.

Glicin — Parahidrokisfeniamino sirćetna kiselina pri razvijanju daje sitno zrno pa se upotrebljava za sitnozrnaste razvijače. U zasićenom rastvoru je najtrajniji razvijač. Velika mana mu je da oboji sve sa čim dođe u dodir.

Fenidon-1-fenil, 3-pirozalidon se najčešće koristi u kombinaciji sa hidrohinonom. Vrlo je energičan razvijač pa mu se mora dodati stabilizator (npr. 0,15 gr. benzotriazola na jedan litar razvijača) da se spreči mrena koja može nastati kod dužeg razvijanja i kod razvijanja negativ emulzija.

U receptima mnogih razvijača vrlo često ćemo naći po dve razvijačke supstance. To je radi toga što one stvaraju tzv. super aditivnu smesu u kojoj je njihova aktivnost veća nego zbir aktivnosti posebno otopljenih razvijačkih supstanci u dva razvijača. Primer za ovakve smese su

npr: metol-hidroninon, fenidon-hidrohinon, u ovakvim smešama hidrohinon redukuje oksidacione produkte metola odnosno fenidona.

b) Konzervans. Razvijač kao rastvor koji sadrži razvijačku supstancu vrlo podložnu oksidaciji može se konzervirati dodatkom određenih supstanci koje će vezivati kiseonik iz vazduha. Najčešće se u te svrhe upotrebljava bezvodni natrijum sulfat Na_2SO_3 jer je jeftin i vrlo efikasan ili kristalni natrijum sufit Na_2SO_3 $7H_2O$. Osim što vezuje kiseonik iz vazduha, natrijum sulfit sa oksidacionim produktima razvijačke supstance stvara sulfite i na taj način stabilizuje proces razvijanja.

c) Alkalije. Razvijačke supstance većinom mogu razvijati samo ako su u razvijaču prisutne alkalije (baze). Razvijanje je brže što je razvijač bazniji. Najčešće se upotrebljavaju sledeće alkalije: NaOH i KOH i soli koje u vodenom rastvoru pokazuju baznu reakciju kao što su: Na_2CO_3, K_2CO_3, $Na_2B_4O_7$ $10\ H_2O$ itd. Dodatkom alkalija kao što smo rekli povećava se aktivnost razvijača. To se objašnjava time što dodatkom alkalija raste pH vrednost razvijača, a time i redoks potencijal. Ujedno dodatkom alkalija dolazi do disocijacije razvijačke supstance koja je u svom anjonskom obliku jače redukciono sredstvo nego u neutralnom. One veliku ulogu imaju u omekšavanju želatina emulzije i na taj način omogućavaju lakše prodiranje razvijača u dubinu sloja. U višku mogu izazvati bubrenje želatina zbog čega može doći do nabiranja emulzije i stvaranja mehurića. Pored navedenih uloga, alkalije imaju i tu ulogu da neutralizuju brom koji se na osvetljenim delovima negativa i pozitiva odvaja od srebra i vežu ga za sebe, pri čemu nastaje novo jedinjenje npr. KBr.

d) Usporivač. Kao sredstvo za usporavanje najčešće se koristi KBr. On sprečava stvaranje mrene, usporava razvijanje latentne slike i takođe utiče na gustoću zacrnjenja. Usporavanje porasta mrene pomoću većih koncentracija alkalnih bromida omogućava da se foto materijal razvije do vrlo jakih kontrasa što se praktično upotrebljava kod razvijača za grafičke i rendgen filmove.

VRSTE RAZVIJAČA

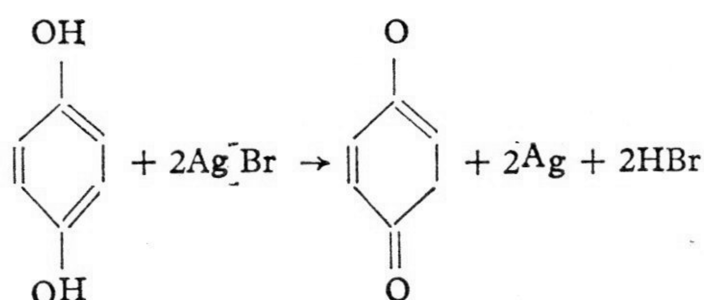
Prema nameni razvijače možemo podeliti na: negativ razvijače, pozitiv razvijače i specijalne razvijače.

Negativ razvijači. Ovu grupu razvijača karakteriše niža pH vrednost pa se prema dužini razvijanja ubrajaju u vremenske razvijače. Mogu da sadrže po jednu razvijačku supstancu i to najčešće metol. Za ovakve razvijače je karakteristično da daju mali kontrast razvijenoj slici. Češće od njih su u primeni razvijači sa dve razvijačke supstance tipa MQ, PQ ili neki drugi. Oni su mnogo aktivniji i daju zadovoljavajući kontrast slici. Posebnu grupu razvijača čine tzv. sitnozrnasti razvijači, čijim se posredstvom dobija malo zrno razvijenog srebra, a time i homogenija struktura razvijene slike. Ovo se postiže na taj način što se u razvijač dodaju rastvarači zrna srebro bromida. Ranije se u te svrhe upotrebljavao kalijum rodanid (KCNS), a danas se upotrebljavaju parafenilendiamin. Osim ovih razvijača u praksi se češće koriste tzv. pseudositnozrnasti razvijači koji takođe daju sitno zrno. Ovi razvijači najčešće su tipa MQ-boraks ili PQ-boraks sa većom koncentracijom natrijum sulfita. Predstavnici ove grupe razvijača sa širokom primenom su: Fotokemikin razvijač FR-5, Kodakovi D76 ili D76d, zatim Ilfordov ID68 itd.

Mehanizam razvijanja

Razvijanje je ne samo važan već i veoma zanimljiv proces u fotografiji. Kao što smo rekli to je hemijski proces sa nizom reakcija od kojih je najvažnija redoks reakcija osvetljenih zrnaca srebro bromida i razvijačke supstance čiji su produkti: elementarno srebro oksidacioni produkt razvijačke supstance i bromovodonik.

Razvijanje počinje tako što alkalije razmekšavaju želatin koji manje ili više nabubri dopuštajući pristup ostalim hemikalijama. Već navedena redok reakcija u razvijaču sa npr. hidrohinonom može se prikazati na sledeći način:



U ovoj reakciji reducens je hidrohinon, a oksidaciono sredstvo joni srebra Ag^{+}. Pri ovome potencijal jona srebra Ag je veći od potencijala razvijačke supstance. Pošto se ova reakcija odvija prvo na osetljivim zrnima koja imaju klicu za razvijanje, sve teorije o razvijanju prvenstveno objašnjavaju ovaj fenomen. U tim objašnjenjima razvijanje se upoređuje sa sličnim slučajevima heterogene katalize. Pri razvijanju klica za razvijanje je katalizator u krutoj fazi, reducens-razvijačka supstanca u tečnoj fazi, a srebro joni u krutoj ili tečnoj fazi. Ova katalizovana reakcija je znatno brža nego razvijanje neosvetljenih zrna, jer je energija aktivacije reakcije osvetljenih zrna sa apsorbovanim reducensom manja. Ukoliko se razvijanje vremenski produži može doći do razvijanja neosvetljenih zrna što prouzrokuje stvaranje mrene. Radi toga razvijanje moramo prekinuti u trenutku kada se razvila normalna slika. Proizvod navedene reakcije su metalno (elementarno) srebro koje se taloži stvarajući zrna elementarnog srebra koja su nosioc vidljive slike, hinon koji u prisustvu natrijum sulfita iz razvijača ostaje u rastvoru i bromovodonik koga neutrališu alkalije iz razvijača. Proučavanjem i posmatranjem razvijenog srebra (misli se na zrno) ustanovljeno je je da je ono građeno od vrlo finih niti skupljenih u grupu nepravilnog oblika. Debljina ovih niti može biti različita i u mnogome zavisi od razvijačke supstance.

Boja razvijenog zrna je crna. U ovom slučaju srebro se taloži iz vodenog rastvora pa je kao i u mnogim drugim slučajevima taloženja metala iz vodenog rastvora, boja istaloženog metala crna. Uzrok ovoj crnoj boji je upravo navedena nepravilna struktura. Kada zrak svetlosti padne na zrno srebra, doći će do njegove delimične ili potpune sporpcije i refleksije a u vezi sa tim do našeg oka dospeće ili vrlo mali ili nijedan deo tog svetla. Različito zacrnjenje na gotovoj slici je posledica različitog broja razvijenih zrna srebra. Najveće zacrnjenje postiže se na onom mestu fotomaterijala gde su sva zrna srebro bromida osvetljena i razvijena. Od toga da li je razvijač pri razvijanju dovoljno duboko prodro u dubinu sloja zavisi karakter dobijene slike.

Na razvijanje utiču različiti faktori, kao to su: vreme razvijanja, temperatura, mešanje razvijača, pH vrednost razvijača itd. O njima ovde neće biti ₇govora.

PREKIDANJE RAZVIJANJA

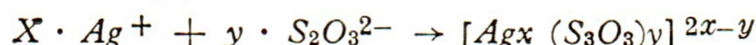
Za vreme razvijanja sastojci razvijača ulaze u nabubreli želatinski sloj. Ako je razvijač star i taman radi oksidacionih produkata u njemu, prozirnost negativa neće biti čista, a kada se radi sa jakim alkalijama (misli se na razvijanje), razvijanje će teći dalje. Ako stavimo negativ nakon razvijanja, a pre fiksiranja u kiseli rastvor, on će neutralizvoati alkalije i razvijanje će prestati. Ako prenesemo negativ nakon razvijanja direktno u rastvor fiksira koji nije baš najsvežiji i kiseo nećemo dobiti čiste i bistre negative, jer fiksir nije u stanju da izbaci ostatke razvijača iz želatina. Ovakvi rastvori obično se sastoje od npr. 20 cm^3 sirćetne ili limunske kiseline na litar vode. Materijal ispiramo oko pola minuta. Sastav rastvora mora biti približno tačan, jer se od prejake kiseline ispod želatinskog sloja stvaraju gasovi koji podižu želatin stvarajući mehuriće.

FIKSIRANJE

Fiksiranje negativa je važan proces u obradi fotomaterijala kojim uklanjamo neosvetljena zrna srebro bromida iz sloja i time dobijamo vidljivu i stabilnu sliku, otpornu na svetlo.

Kako je srebro bromid teško topljivo jedinjenje, moramo ga prvo prevesti u topljivo kompleksno jedinjenja koje će se polako isprati iz sloja. Ovo se obavlja u rastvoru fiksira.

Rastvor fiksira najčešće sadrži natrijum tiosulfat $Na_2S_2O_3$ ili u izvesnim slučajevima amonijum tiosulfat $(NH_4)_2 S_2O_3$. Natrijum tiosulfat najčešće es nalazi u obliku kristalne soli $Na_2 S_2O_3$ $O5H_2O$, dobro topive u vodi (1 : 0,6) i sa jonima metala gradi kompleksne jone. U toku ovog procesa tiosulfat jon $S_2O_3^{2-}$ reaguje sa srebro jonom Ag^+ iz neosvetljenih zrna i stvara kompleksna jedinjenja prma sledećoj jednačini:



$$X \cdot Ag^+ + y \cdot S_2O_3^{2-} \rightarrow [Agx\ (S_3O_3)y]^{2x-y}$$

Konstitucija svih nastalih jedinjenja (kompleksnih) nije potpuno razjašnjena. U početnim fazama fiksiranja nastaje netopljivi srebro tiosultaf $Ag_2S_2O_3$ koji uz višak $Na_2S_2O_3$, između ostalih komplesnih jedinjenja gradi dobro topljivo kompleksno jedinjenje $Na_3\,[Ag_2\,(S_2O_3)_2]$.

U toku procesa fiksiranja odvija se dvostruka difuzija: tiosulfat jon $S_2O_3^{2-}$ do srebro jona, Ag^+, a u obratnom smeru prema rastvoru prelazi nastalo kompleksno jedinjenje. Tako u procesu fiksiranja zaostaci tih jedinjenja u sloju prelaze u rastvor tokom pranja koje se obavlja posle fiksiranja. Brzina fiksiranja zavisi od mnogih faktora, kao što su npr. veličina zrna srebro bromida, debljina emulzionog sloja, temperatura, mešanje i koncentracije (optimalna je 30%).

Vrste fiksira

Danas u upotrebi imamo više vrsta fiksira koji se međusobno razlikuju kako prema sastavu tako i prema nameni.

Kiseli fiksir. Ova vrsta fiksira se danas najčešće potrebljava. On pored $Na_2S_2O_3$ 5 SH_2O najčešće ima kalijum metabisulfit $K_2S_2O_5$ ili natrijum bisulfit $NaHSO_3$. Dodatkom ovih soli rastvor za fiksira je postaje kiseo jer se pH vrednost kreće od 4—6. Dužina fiksiranja u ovakvom fiksiru traje oko 15 min. ako je rastvor svež, a u upotrebljavanom rastvoru 20 min. i duže. Kod nas ovakav fiksir fabrikuje Fotokemika pod imenom FF-1. Pored ovog postoje još: fiksir otvrđivač, brzi fiksir, neutralni itd. Danas se ponekad (posebno u novinarskoj fotografiji) umesto fiksira koristi stabilizator na bazi tiokarbomaida i glicerina. U njemu se halogeno srebro ne rastvara već samo postaje prozirno i neosetljivo na svetlos. Ovako određeni negativi traju dve godine a zatim a zatim počinju bledeti.

PRANJE FOTOMATERIJALA

Posle obavljenog fiksiranja moramo pristupiti pranju materijala Ovoj fazi obrade moramo takođe posvetiti veliku pažnju jer od nje unekloliko zavisi krajnji karakter materijala. Pranje se mora obaviti u tekućoj vodi u dužini od oko 30 min, ili duže.

Primljeno aprila 1980.

TREATMENT OF FHOTOGRAPHICAL MATERIAL

S. Poznanović

Desription of basic photographical processes is given.

Н О В Е К Њ И Г Е

Јован Лазовић: „ОСНОВИ ТЕОРИЈЕ КРЕТАЊА ЗЕМЉИНИХ ВЕШТАЧКИХ САТЕЛИТА“, „Научна књига Београд, 1976. г.

Ово је први универзитетски уџбеник код нас који разматра кретање Земљиних вештачких сателита са небеско-механичког становишта. Намењен је студентима Природно-математичког факултета и пред стављa, у суштини, продужетак Миланковићеве „Небеске механике“, али га могу користити и други студенти, па и стручњаци који се баве овим предметом или га примењују. Може се слободно рећи да је и на страним језицима мало овакве уџбеничке литературе. Књига је писана кон-

цизно али јасно и с доследном применом векторског начина изражавања.

Прва глава је посвећена сферним функцијама, које се и даље користе, а нигде посебно не изучавају. Затим се разматра развој гравитационог потенцијала, који може да има и шири значај и буде примењен и за друга небеска тела. Потребне диференцијалне једначине поремећеног кретања су изведене и примењене у разматрању поремећаја због Земљиног спљоштеног облика, јер ова гравитациона дејства имају највећи утицај у кретању релативно блиских Земљиних сателита, чији је број највећи. Међутим, ове једначине се могу применити и у разматрању других поремећајних дејстава. Најзад, изучена су дејства секуларних поремећаја, због њихових највиших износа, када се разматра поремећено кретање Земљиних вештачких сателита.

Б. Ш.

Јован Симовљевић: „ОСНОВИ ТЕОРИЈСКЕ АСТРОНОМИЈЕ“, „Грађевинска књига“, Београд, 1977. г.

Астрономска литература у нас обогаћена је, недавно, једном изузетном књигом „Основама теоријске астрономије” професора Симовљевића који већ годинама предаје овај предмет на Природно-математичком факултету у Београду. Изузетна је, пре свега, што се први пут оваква књига појавила у нашој уџбеничкој литератури, затим што је једна обимна, да не кажем гломазна рачунска апаратура за рачунање путања небеских тела и њихових поремећаја приказана на врло сажет и јасан начин (на 200 страна).

Књига, после увода, садржи Кеплерово кретање по кругу, елипси и параболи, рачун ефемерида, израчунавање путања из посматрања, рачунање поправака кретања и специјалних поремећаја. На крају је изложено нумеричко интеграљење диференцијалних једначина кретања небеских тела. На крају сваког одељка дат је преглед изведених обрада подешених за практичну примену. Ови прегледи могу да послуже и за рекапитулацију сваког одељка при његовом савлађивању.

Једна тешка материја изложена је у овој књизи не само на изузетно јасан, већ и веома приступачан начин иако писац ни тренутак не одступа од научне стварности и систематичности.

Верујемо да ће књига заинтересовати и многе љубитеље најстарије и најтачније природне науке, као и оне који је примењују.

Б.Ш.

ВЕСТИ ИЗ НАШЕ ЗЕМЉЕ

XI IAU — UNESCO — Letnja škola za mlade astronome, Hvar, 17. IX — — 6. X 1980.

Letnja škola za mlade astronome je prvi međunarodni astronomski skup u Jugoslaviji. Imala je 35 polaznika, od kojih je 21 bio iz inostranstva (Grčka, Bugarska, Mađarska, Italija, Malta, Turska, Čehoslovačka, Španija i Portugalija). Nastava se odvijala svakodnevno — obično je bilo 8 časova predavanja, a noću 2—3 časa praktičnih vežbi.

Škola je imala široko koncipiran astrofizički program, sa težištem na spektroskopiji.

Iz inostranstva prisutni su bili sledeći predavači: E. Miler, M. Hak, P. Pišmiš, K. de Jager, H. Šmit, B. Čester, J. Kleček, Z. Cepleha, K. Sančez Magro, R. van Helden i V. Zapala, a od domaćih V. Vujnović, G. Pihler i M. Dimitrijević.

УСПЈЕШНА АКЦИЈА МЛАДИХ ИСТРАЖИВАЧА

У времену од 1. до 23. децембра 1979. изведена је у Дервенти Омладинска истраживачка акција „Дервента 79”. На овој акцији, коју су организовали Клуб Покрета „Науку младима” из Дервенте, Општинска конферција ССО Дервента и Општинска конференција Народне технике Дервента, учествовао је 41 члан астрономске, биолошке и географске секције Клуба.

У оквиру астрономског програма ререализован је низ предавања из практичне астрономије, са посебним нагласком на посматрања метеора и промењљивих звијезда. У практичном дијелу изведена су, углавном због обуке посматрача, нека посматрања сјајних промјењљивих звијезда. Поред тога, изведена су и посматрања метеорског потока Геминида („Meteor-programm Geminids 1979"). Ради се о посматрачком програму који су заједнички реализовали астрономи-аматери из сјеверне Африке, Белгије, Југославије и СР Њемачке. Комплетан посматрачки материјал достављен је централи у Бону. Велику сметњу извођењу овог програма представљало је прилично лоше вријеме у том периоду (6. — 17. 12 1979.).

Приликом посјете делегације Републичке конференције Покрета „Науку младима" Омладинској истраживачкој акцији „Дервента 79" предавање за чланове астрономске секције одржао је Мухамед Муминовић, који је том приликом говорио о проблемима модерне астрономије.

Омладинска истраживачка акција „Дервента 79" је веома значајна за Клуб Покрета „Науку младима", првенствено



Сл. 1. Са припрема за ОИА

стога јер је послужила као припрема младих за истраживачки рад и као припрема за наредне смотре Покрета „Науку младима", али и зато што су приликом њеног организовања стечена драгоцјена искуства за даљи рад Клуба. *Марио Мацек*

НОВОСТИ И БЕЛЕШКЕ

Брже од светлости? — У току протеклих десет година астрономи су открили четири вангаликтичка објекта чије су брзине експанзије привидно веће од брзине светлости. Три међу њима су квазари док је четврти, 3C 120, галаксија. У радио-подручју сваки од тих извора може да се раздвоји у најмање две компоненте које су међусобно удаљавају. Из угловне брзине раздвајања и процене даљине до објекта добијају се рачунски релативне брзине веће од брзине светлости.

Могућност да се ради о прецењеним даљинама због коришћења зависности даљине од црвеног помака (Хаблов закон) одпада због тога што је један од објеката галаксија за коју таква могућност није реална.

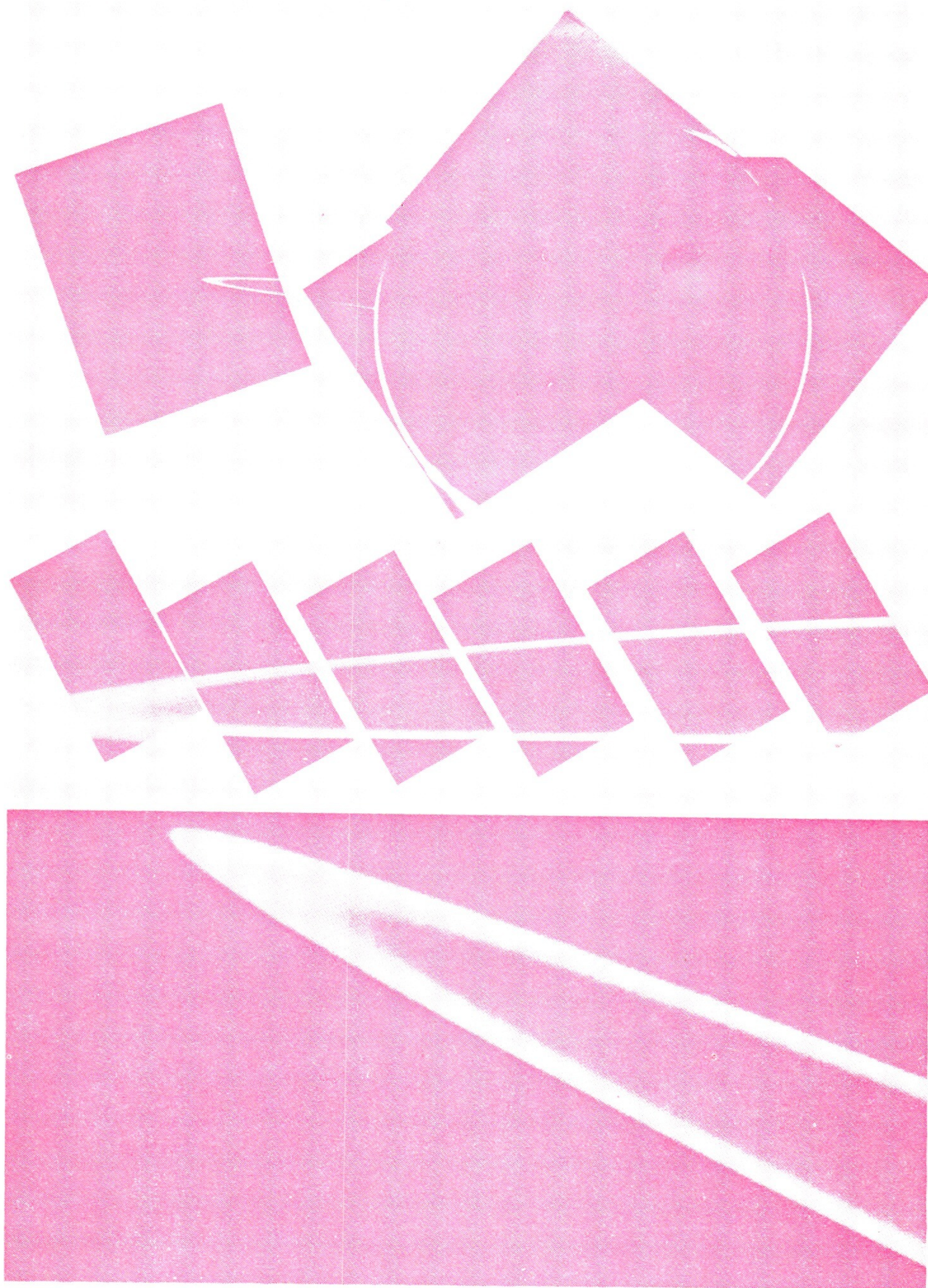
Друго тумачење које је било дато јесте да се ту ради о привидној брзини, слично ефекту брзог кретања светле зоне коју баца сноп светлости спорог померања на удаљену покретну позадину

Тај модел, међутим, не може објаснити посматрану структуру ова четири радио-извора.

Модел који највише обећава је дао Мартин Риз из Института за астрономију у Кејмбрицу. Он је показао да средишњи делови извора који се крећу брзином блиском брзини светлости могу да створе створе илузију надсветлосних брзина за удаљеног посматрача због релативистичког ефекта дилатације времена.

Scientific American, августа 1980.

Мр Јелена Милоградов-Турин



Сл. 1. Америчка космичка сонда „Војаџер 1" открила је постојање прстена око Јупитера. „Војаџер 2" снимио је овај прстен с високим раздвајањем 7. X 1979. са растојања од око 1,5 милиона километара. Прстен је од облака удаљен 55 000 км, широк је 6 000 км, дебео мање од 1 км. Зато га је веома тешко фотографисати. Ови снимци добијени су за време помрачења Сунца Јупитером.

Сл. 2. „Војаџер 1" снимио је 24. авīуста 1980. Саџурн са расџојања од 100 милиона километара.

Сл. 3. На основу снимака „Војаџера 2" у сразмери је уцрџан ūрсџен ūреко Јуūиџера.